

補助事業番号 28-163
補助事業名 平成28年度高効率レーザー溝加工のための耐熱液晶光学素子の開発補助事業
補助事業者名 兵庫県立大学 吉木啓介

1 研究の概要

レーザー加工装置に装着するだけでレーザー加工のエネルギー効率を向上させる液晶光学部品を開発した。ラジアル偏光やアジマス偏光といった特殊な偏光がレーザー加工のエネルギー効率を向上させることが知られているが、簡単にはレーザー加工装置に実装できないことが問題であった。開発した素子は既設の装置に着脱可能な液晶光学部品であり、ラジアル、アジマス偏光やそれ以外の特殊偏光も容易に生成でき、多様な加工に対し、エネルギー効率向上などの効果をもたらすことが出来る。しかも液晶が苦手とする高強度光に対しても耐性を持つため、高強度な加工用レーザーに対しても使用できる。

2 研究の目的と背景

ラジアル偏光、アジマス偏光など、特殊な偏光を光源に用いることで、レーザー溝穴加工のエネルギー効率が向上するが、レーザー内部の改造が不可欠で改造後は容易に元には戻せない。そのため、改造コスト、汎用性の問題点から現実に導入は難しかった。そのため、インストールが容易で、加工内容に応じて様々な特殊偏光を使い分けることができる光学部品を開発することによって、膨大な数に及ぶ既設レーザー加工機の加工効率や品質を向上させることを目的とする。

3 研究内容

(1) 自由な偏光・位相の分布を生成出来る液晶素子の開発 (<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/outline/faculty/yoshiki/index.html>)

我々はFig. 1に示すとおり、3枚の液晶部品(LC1~LC3)を組み合わせることで、全ての種類の偏光を生成し、位相も自在に制御出来る透過型液晶光学デバイスを制作した。液晶部品の作成のために小型パネルの組立工程を開発し、実装のための筐体、検査調整装置等を開発した。結果、ほぼ製品に近い形での液晶素子の製作技術が確立し、品質評価も可能となった。(Fig. ●, ●)

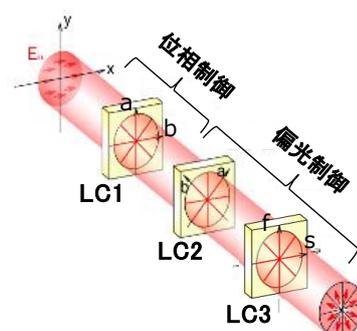


Fig. 1 透過型液晶光学デバイス

(2) 液晶の耐熱性向上

基板にサファイアを用いることによって、液晶部品に高い耐熱性を付与することに成功した。これにより、100 Wの高出力レーザーに対して液晶部品の特性を失うことなく動作することを確認した。また、熱レンズ効果など、加工に悪影響を与える現象も低減されることを確認した。Fig. ●のように、液晶

部品に光が入射すると、内部の液晶材料や電極において光吸収による熱が発生し、その熱が液晶内部に蓄積されて、その温度が限界を超えると液晶部品は機能喪失、もしくは破壊に至る。しかし、サファイアなどの高熱伝導率の基板を用いると、発生した熱は基板の隅々まで伝導し、大気との接触面から効率的に熱を放散して液晶部品を冷却する。また、液晶基板はほとんど温度が均一になるため、温度の集中が屈折率の不均一の原因となり、熱レンズ効果というビームの形状を歪ませる現象も誘発しにくい。また、液晶の温度も均一となり、液晶の駆動にもムラが生じにくくなる。Fig.

●に高出力レーザー(1064 nm, 38W)を入射した時の液晶表面の温度分布を示す。サファイア基板液晶のほうが温度分布が均一でかつ低温である。液晶部品内部の温度もほぼ同じ温度であるため、この温度は液晶の駆動温度範囲に十分おさまる温度である。

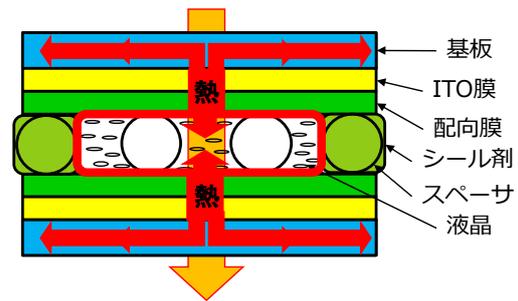


Fig. 2 サファイア基板液晶部品

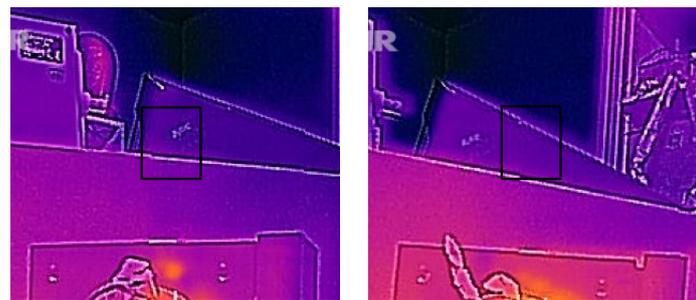


Fig. 3 ガラス基板液晶部品とサファイア基板液晶部品の高出力レーザー照射時の表面温度分布(黒線は液晶素子外形)

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本液晶素子が生成する特殊偏光ビームの応用分野はレーザー加工に以外にも、顕微鏡、光ピンセット、荷電粒子加速、カメラビジョン等、あらゆる光学機器に及び、広い応用分野が広がっている。本研究によって作成された液晶光学部品は、特殊偏光ビームを研究する研究者が容易に扱え、かつ、彼らの要求に柔軟に対応できる素子、および製造体制となっており、特殊偏光応用技術のアプリケーション開発に拍車をかける効果がある。また、液晶メーカーとの連携体制も構築しており、開発された技術はスムーズに製品化に移行することが可能であり、現在盛り上がりを見せている本分野を最大限世に還元するための一助となることを目指している。現在は、複数の大学、企業から引き合いをうけると同時に、自らの顕微鏡、レーザー加工応用にも本液

晶を適用していく予定であり、ベンチャー企業の設立も視野に含めながら、ユーザーによる評価を受けている。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本液晶素子は、研究代表者が開発する顕微鏡に用いていた液晶素子の機能を更に拡張し、用途を広げたものである。これは、元々特殊偏光ビームを研究していた研究代表者自身が欲していた機能を実現するためだけのものではあった。しかし、このような液晶素子の開発はメーカーの協力無しでは実現が困難であり、かつ、その協力を得ることは簡単ではない。この経験から、外部提供可能な液晶素子としての制作を行い、研究者が液晶を容易にデザイン、入手出来るような環境を提供出来るようにしたいと考え、本研究を開始した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【知財等】

(1)国内出願(1件)

① 偏光制御装置および偏光制御方法、吉木啓介、橋本守、出願人:ヒョウゴケンリツダイガク、2016、特願2016-230675

【学会発表】

① K. Yoshiki, "A spatial light modulator consisting of three liquid crystals for controlling of the phase, ellipticity, and orientation of polarization", Photonics west 2018, 1/31/2018, USA

② K. Yoshiki, W. Kugimiya, A. Ito, H. Furuta, "Liquid-crystal cells for high fluence near infrared lasers using a high-efficiency heat-conducting substrate", Photonics west 2018, 1/30/2018, USA

③ K. Yoshiki, W. Kugimiya, A. Ito, H. Furuta, "A transmission type liquid crystal spatial light modulator to generate arbitral phase and polarization distribution in high power laser beam" FOM2018, 3/26/2018, Singapore.

④ W. Kugimiya, A. Ito, H. Furuta, K. Yoshiki, "A transmission type liquid crystal spatial light modulator to generate arbitral phase and polarization distribution in high power laser beam", LPM2018, 6/26/2018, UK

⑤ 吉木 啓介、橋本 守、" ジョーンズベクトルで記述できる全ての偏光・位相状態を生成するための液晶光学デバイス"、第64回応用物理学会春季学術講演会、2017年3月15日、横浜

⑥ 釘宮渉、吉木啓介、伊藤杏奈、高御堂美佑紀、古田裕正、”耐熱性を有する液晶素子の作製及び評価”、第64回応用物理学会春季学術講演会、2017年3月15日、横浜

⑦ 吉木啓介 “ジョーンズベクトルで記述できる全ての偏光・位相を生成する液晶空間光変調器” オプトロニクス5月号、2017年5月1日

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

液晶光学部品(偏光モード変換器: Polarization mode converter (PMC))

(<http://www.eng.u->

[hyogo.ac.jp/outline/faculty/yoshiki/yoshiki/others.html](http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/outline/faculty/yoshiki/yoshiki/others.html))

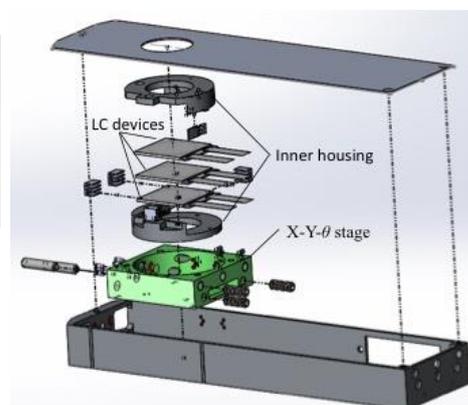


Fig. 4 筐体に収められた液晶デバイス(上)
およびその3次元設計図(右)

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 兵庫県立大学(ひょうごけんりつだいがく)

住 所: 〒671-2201

兵庫県姫路市書写2167 6号館6408室

申 請 者: 助教 吉木啓介(よしきけいすけ)

担 当 部 署: 工学研究科 (こうがくけんきゅうか)

E - m a i l: yoshiki@eng.u-hyogo.ac.jp

U R L: <http://www.eng.u->

[hyogo.ac.jp/outline/faculty/yoshiki/yoshiki/index.html](http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/outline/faculty/yoshiki/yoshiki/index.html)